

Wie der Computer virtuelle Muskeln formt

Datengetriebene Animation dynamischer 3D-Oberflächen

Thomas Neumann, Markus Wacker

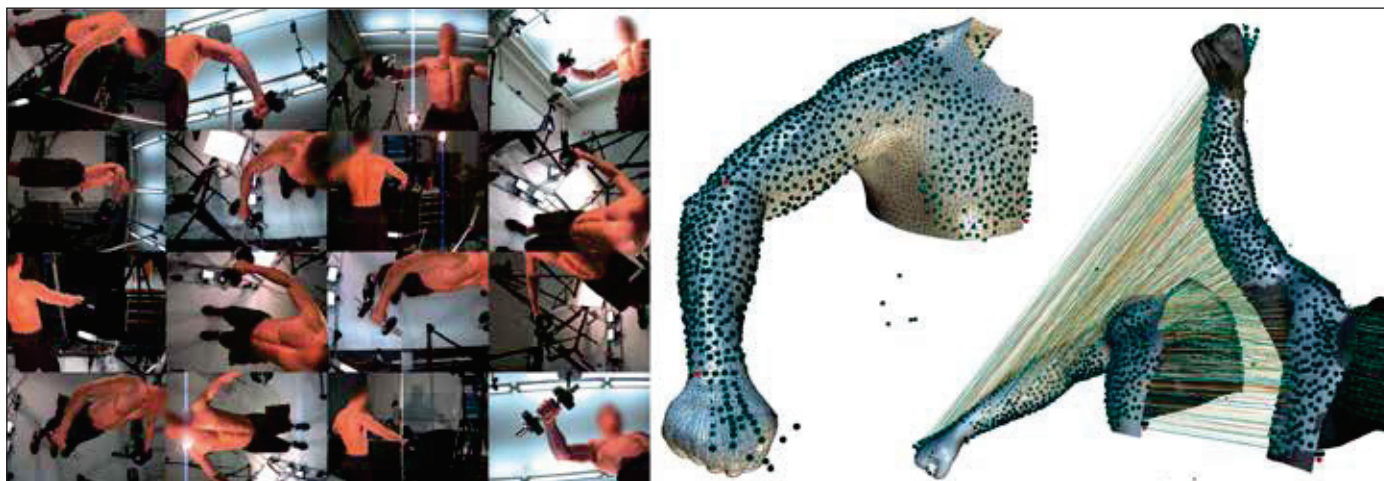


Abb. 1: 16 Kamerabilder eines Probanden (links). Aus diesen Bildern werden für den Schulter-Arm-Bereich des Probanden 3D-Scans erstellt (Mitte). Die Bewegung wird dynamisch verfolgt (rechts).

Mit Techniken der Computergraphik können bewegte dreidimensionale Oberflächen mit höchsten visuellen Details generiert und dargestellt werden. Mittlerweile sind die Ergebnisse so gut, dass beispielsweise virtuelle menschliche Gesichter in Filmen und Videospielen kaum noch von realen zu unterscheiden sind. Auch in der Ergonomie werden immer genauere Mensch-Modelle und Simulationen verwendet, beispielsweise zur Validierung und Verbesserung von Textilien.

Performance-Capture

Die dafür notwendige dynamische dreidimensionale Geometrie von Hand zu erstellen und zu bewegen (animieren) ist jedoch äußerst aufwendig. Zudem kann nicht garantiert werden, dass die resultierende Animation tatsächlich der Realität entspricht. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren Performance-Capture-Methoden entwickelt. Diese erreichen eine hochdetaillierte virtuelle Kopie der dreidimensionalen Objektoberfläche. Man kann sich dies als 3D-Scanning für bewegte, deformierbare Objekte vorstellen, sozusagen ein „4D“-Scanning. Forscher der DREMATRIX Gruppe an der HTW Dresden spezialisieren sich vor allem auf Performance-Capture von Kleidungsstücken und Muskelbewegungen. Dazu wurde ein System aus mehreren synchronisierten Videokameras aufgebaut [1]. Um die dabei anfallende Datenflut der Bilder in eine dreidimensionale Oberfläche zu

transformieren, sind neuartige Bildverarbeitungs-Algorithmen entwickelt worden, welche in aktuellen Forschungsvorhaben stetig weiterentwickelt werden. Abb. 1 zeigt beispielhaft das System der HTW Dresden in Aktion.

Datengetriebene Animation

Die Anwendbarkeit von Performance-Capture Methoden ist jedoch sehr beschränkt. Dies geht auf ein elementares Problem dieser Methoden zurück: Die aufgenommenen Daten können im Nachhinein nicht (oder nur mühselig) verändert werden. In der Computergraphik wurden daher verschiedene Methoden der datengetriebenen Animation und Modellierung entwickelt. Die Idee dabei: Algorithmen lernen aus einem Korpus an Performance-Capture-Daten. Nach diesem Lernprozess können veränderte oder komplett neue Animationen erstellt werden, die ebenso detailgetreu sind wie die Eingabedaten.

Die (virtuellen) Muskeln spielen lassen

Auch die DREMATRIX-Gruppe forscht in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken und der TU Braunschweig an solchen Verfahren. In einem gemeinsamen Projekt entwickeln die Kollaborationspartner ein daten-



DREMATRIX

Die Arbeitsgruppe DREMATRIX besteht aus einem Team von vier Doktoranden und fünf Mitarbeitern um Prof. Dr. Markus Wacker. Der Name entstand aus einer Abkürzungssammlung der Hauptforschungsrichtungen der Arbeitsgruppe und steht für Dresden, Motion Capture, Animation, Tangible User Interfaces, Rendering, Innovation und FX Effects. Neben der Bearbeitung von Forschungsprojekten hat die Gruppe folgende Formate entwickelt und organisiert diese mit Hilfe der aktuell immatrikulierten Studenten:

- Das Ufa-Festival Mitschnitt (Jahresabschluss der aktuellen Studierenden der Fakultät Informatik/Mathematik im Ufa-Kristallpalast),
- die IT-Kontaktmesse mit Forum MIT.COM (eine auf IT konzentrierte Firmenmesse) und
- den Abschlussball MITsommernacht (Ball für die Absolventen der Fakultät Informatik/Mathematik).

Die Gruppe verfügt über spezielle Hardware wie die deutschlandweit erste markerlose Motion Capture-Anlage, Multitouch-Tische und -Geräte, einen Holocube und ein AR-Teleskop. Neben bedeutenden Kooperationspartnern wie dem Schlösserland Sachsen und den Staatlichen Kunstsammlung Dresden, besonders dem Mathematisch-Physikalischen Salon, arbeitet die Gruppe auch international an zahlreichen Projekten mit. In den beiden Artikeln werden repräsentativ zwei Arbeitsschwerpunkte der Forschungsgruppe vorgestellt. Die von Thomas Neumann auf der Siggraph Asia präsentierte Arbeit befasst sich mit Algorithmen und technologischen Ansätzen zur 3D Aufnahme, Rekonstruktion und Simulation von Oberflächen und Gesichtern. Im Beitrag von Georg Freitag wird die Entwicklung von Multi-Touch Anwendungen im Prototyping-Prozess untersucht und Lösungsstrategien für gefundene Defizite des aktuellen Entwicklungsprozesses vorgeschlagen.

weitere Informationen: www.drematrix.de



getriebenes Mensch-Modell, welches die Verformung der Haut und Muskeln widergeben kann [2]. Dazu wurden in einem ersten Schritt Performance-Capture-Daten von zahlreichen Bewegungen zehn verschiedener Probanden aufgenommen. Während der sportlichen Bewegungen scannte das System der HTW Dresden den Schulter-Arm Bereich der Probanden (Abb. 1). So entstand eine Datenbank von über 35.000 3D-Oberflächenscans mit jeweils 5000 3D-Punkten. Diese zeigen neben groben Unterschieden in der Körperproportion auch subtile Änderungen der Form des Bizeps-Muskels bei Belastung.

Bei unserer Forschung interessierte uns vor allem die Frage: Ist es möglich, eine komplett neue Bewegung des Arms realistisch zu generieren, auch wenn diese Bewegung nicht Teil der Datenbank ist? Mit anderen Worten: Kann die 3D-Oberflächen-Deformation aus der Datenbank vom Computer gelernt und daraufhin für beliebige andere Bewegungen nachgeahmt werden? Überraschenderweise müssen dem Rechner dazu weder die Grundgesetze der Biomechanik noch Kenntnisse der menschlichen Anatomie einprogrammiert werden. Stattdessen wird auf Verfahren aus der

3D-Deformationsanalyse sowie der Statistik zurückgegriffen. Abb. 2 zeigt einige von diesem Verfahren generierte 3D-Armoberflächen - in einer Körperhaltung, die nicht Teil der Datenbank ist. Es ist nicht nur eine Interpolation, also das einfache „Mitteln“ von gemessenen Körperposen, sondern auch eine Extrapolation möglich. Dies bedeutet, dass der Arm in beliebigen Haltungen posiert werden kann, selbst wenn diese nie gemessen wurde. Da keine aufwendige biomechanische Simulation nötig ist, kann dieses Mensch-Modell sogar interaktiv benutzt werden. Ein Demonstrations-Video davon ist auf der Projekt-Website von DREMATRIX zu finden.

Reverse-Engineering von Performance-Capture-Daten

Nicht immer ist eine große und gut strukturierte Datenbank an Performance-Capture-Daten verfügbar. Wie es dennoch möglich ist, aufgenommene Animationen zu steuern und auf

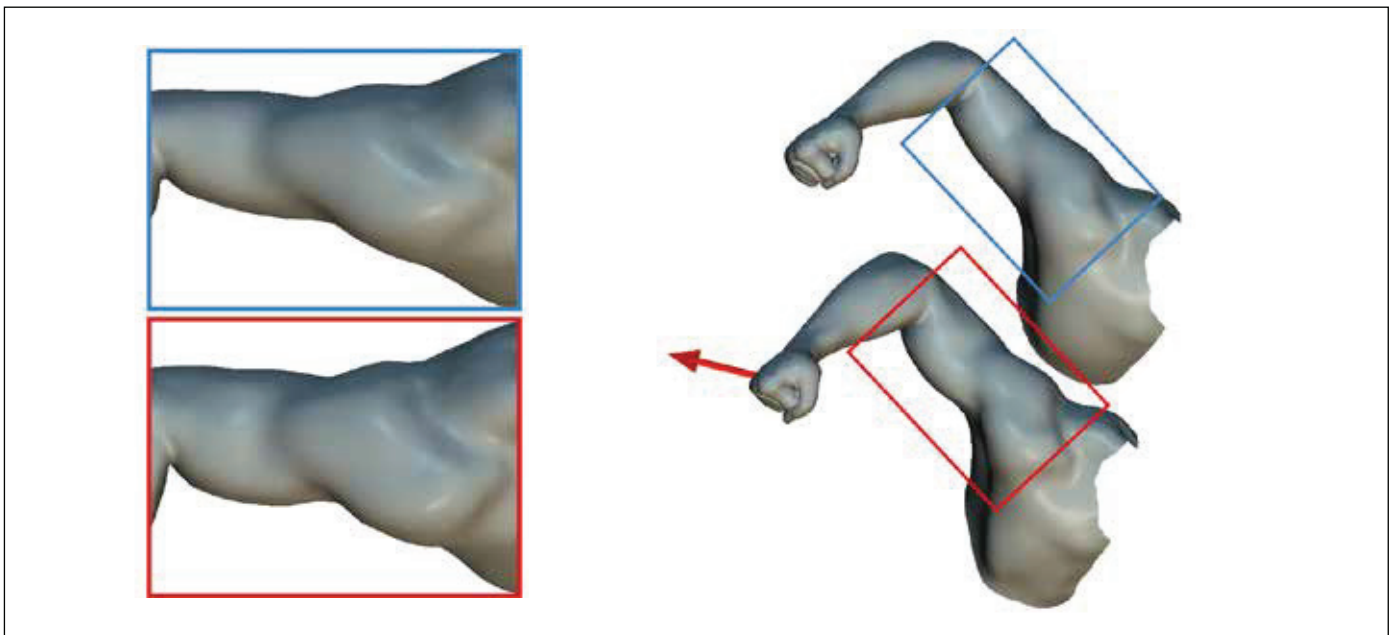


Abb. 2 Mittels datengetriebener Animation wird die Schulter-Arm Oberfläche ohne (blauer Rahmen) und mit (roter Rahmen) externer Belastung (roter Pfeil) inklusive realistischer Bizeps-Kontraktion generiert.

einfache Art zu verändern, zeigt unsere Forschungsarbeit „Sparse Localized Deformation Components“ [3]. Die erst kürzlich auf der Computergrafik-Konferenz SIGGRAPH Asia vorgestellte Methode arbeitet mit beliebigen Eingabedaten aus Performance-Capture-Systemen, von Muskel-Oberflächen, Gesichtsanimationen, aufgezeichneten Textilien bis hin zu Ganzkörperscans. Statt einer ganzen Datenbank reichen dem neuen Verfahren auch kurze Performance-Capture-Sequenzen.

Ziel des Verfahrens ist es, diese Eingabedaten in handliche „Bausteine“, in sogenannte Komponenten, zu zerlegen. Bei einem sprechenden Gesicht sind das beispielsweise die individuellen Muskelbewegungen der Lippen oder das Heben einer Augenbraue. Es handelt sich somit um eine Art von automatischem Reverse Engineering. Der Trick des Verfahrens ist, die Komponenten möglichst lokal zu separieren. Dadurch kann die Bewegung von Augenbrauen und Mund sauber ge-

trennt werden. Nach dieser Trennung können die Einzel-Bewegungen separat angesteuert, verstärkt, abgeschwächt oder komplett neu kombiniert werden (Abb. 3). Somit können im Nachhinein Gesichtsausdrücke leicht angepasst oder sogar komplett verändert werden.

Neben diesen Anwendungen erlaubt die Methode zudem die Analyse und Visualisierung isolierter Muskel-Kontraktionen. Dies wurde anhand der vorher angesprochenen Daten der Haut- und Muskeldeformation untersucht. Wie in Abb. 4 dargestellt, können so der lokale Einflussbereich individueller Muskeln sowie die Stärke der Deformation visualisiert werden. Eine spannende Frage für die Zukunft ist, ob diese Deformationsstärke mit neuromotorischen Kontraktionssignalen der Muskeln korreliert. Sollte dies zutreffen, wäre es theoretisch möglich, Muskel-Aktivität mittels Performance-Capture zu messen.

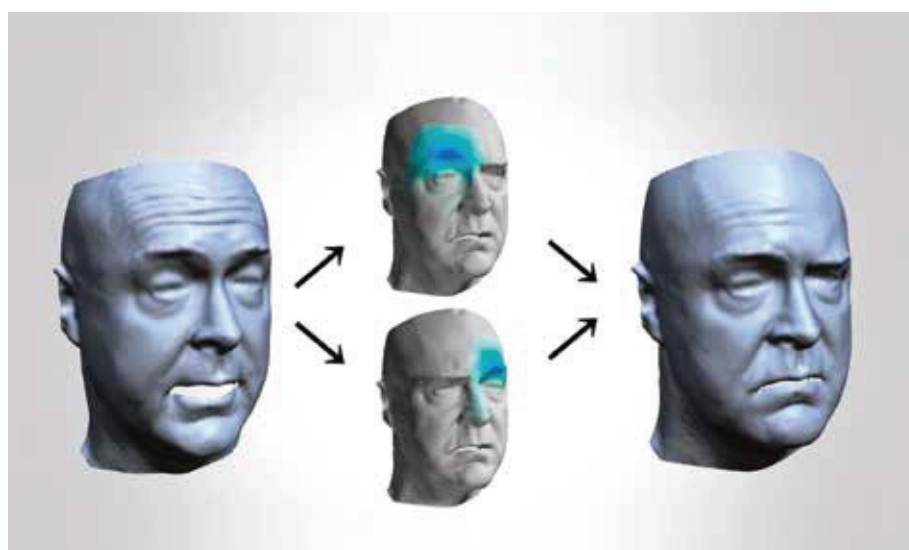


Abb. 3 Aus einer Gesichtsanimation von [4] (links) werden automatisch Komponenten (Mitte) für die Augenbrauen-Bewegung getrennt. Diese können nun neu kombiniert werden (rechts).

Anwendungen in der Spielindustrie bis zur Biomechanik

Wir glauben, dass die datengetriebene Animation aus Performance-Capture-Daten vor allem Anwendung in der Film- und Spiele-Industrie finden wird. Doch auch die Ergonomie und Biomechanik stellen

potentielle Anwendungsfelder dar. Denn dort wird es immer wichtiger, nicht nur die grobe Körperhaltung in Form eines Strichmännchens (sogenanntes Bone-Skelett) zu betrachten. Viel aussagekräftiger ist es, die dreidimensionale Oberflächen-Geometrie des Körpers – am Besten in Bewegung – zu modellieren. Mit einem solchen System könnten Kleidungsstücke für Sport- oder Therapieanwendungen besser auf individuelle Bedürfnisse oder spezifische Bewegungen zugeschnitten werden. Die Computergraphik-Gruppe DREMATRIX hofft, diese Entwicklungen mittels der datengetriebenen Mensch-Modellierung und Animationen auch in Zukunft unterstützen zu können.

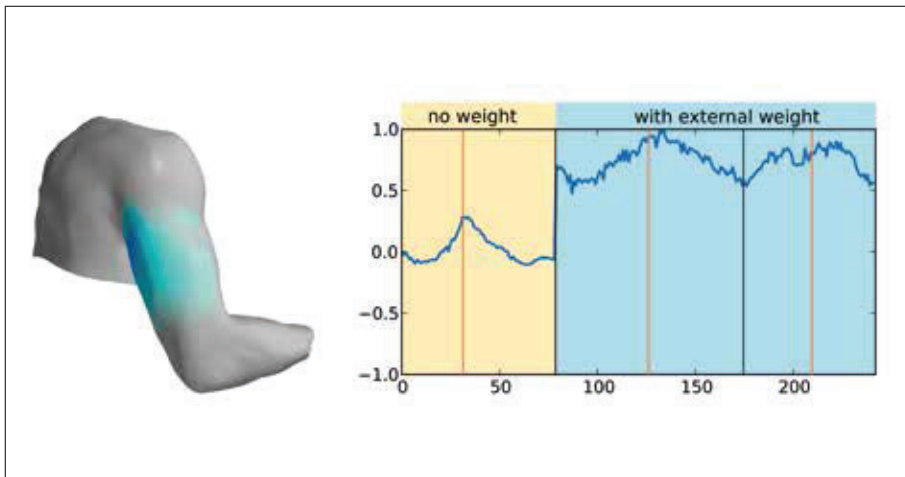


Abb. 4. Automatisch gefundene Deformationskomponente des Trizeps-Muskels (links) und deren Aktivierungsstärke während der Bewegung (rechts).

Quellen

- [1] Thomas Neumann, Markus Wacker, Kiran Varanasi, Christian Theobalt, Marcus Magnor: High Detail Marker based 3D Reconstruction by Enforcing Multiview Constraints, in: ACM SIGGRAPH Posters, Los Angeles 2012
- [2] Thomas Neumann, Kiran Varanasi, Nils Hasler, Markus Wacker, Marcus Magnor, Christian Theobalt: Capture and Statistical Modeling of Arm-Muscle Deformations, in: Computer Graphics Forum 32(2), Proceedings of Eurographics, 2013
- [3] Thomas Neumann, Kiran Varanasi, Stephan Wenger, Markus Wacker, Marcus Magnor, and Christian Theobalt: Sparse Localized Deformation Components, in: ACM Transactions on Graphics 32 (6), Proceedings of SIGGRAPH Asia, 2013
- [4] Thabo Beeler, Fabian Hahn, Derek Bradley, Bernd Bickel, Paul Beardsley, Graig Gotsman: High-quality passive facial performance capture using anchor frames. ACM Transactions on Graphics 30 (4), Proceedings of SIGGRAPH, 2011



Kontakt

HTW DRESDEN |
Fakultät Informatik/Mathematik
Thomas Neumann
tneumann@informatik.htw-dresden.de



Kontakt

HTW DRESDEN |
Fakultät Informatik/Mathematik
Prof. Dr. Markus Wacker
wacker@informatik.htw-dresden.de

PROMOTION

Am 14. November 2013 verteidigte Dipl.-Ing. (FH) **Sina Brockmann**, Absolventin des Studiengangs Chemieingenieurwesen der HTW Dresden, erfolgreich ihre Dissertation an der Technischen Universität Dresden. Die Promotionsarbeit zum Thema „Zur chemischen Identifizierung und Visualisierung von Uran-Spezies in Biofilmen und *Euglena mutabilis* Zellen“ entstand am Institut für Ressourcenökologie des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf. Brockmann erforschte die Fähigkeit von Mikroorganismen, in die Umwelt eingetragene Uran-Verbindungen zu immobilisieren. Betreut wurde die Arbeit von Prof. Dr. Gert Bernhard. Das kooperative Promotionsverfahren begleitete Prof. Dr. Rhena Krawietz von der Fakultät Maschinenbau/Verfahrenstechnik. (s. auch S. 29)

VERANSTALTUNG

Am 6. Juni 2014 findet im Rahmen des Dies Academicus wieder der Tag der Forschung an der HTW Dresden statt. Alle Interessierten sind herzlich eingeladen, sich über die vielfältigen Forschungsaktivitäten an der HTW Dresden und über Karrieremöglichkeiten im Rahmen von Forschungsarbeit zu informieren. Professoren und Forschungsmitarbeiter stellen aktuelle Projekte vor und Absolventen berichten über ihre Karrierewege.

Weitere Informationen:

www.htw-dresden.de/index/forschung